

## СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПЕПТИДНЫЕ ЭЛИСИТОРЫ ПОВЫШАЮТ УСТОЙЧИВОСТЬ БОБОВЫХ КУЛЬТУР К СТРЕССОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

<sup>1</sup>ФИЛИПЦОВА Галина Григорьевна, к.б.н., доцент

<sup>2</sup>СОКОЛОВ Юрий Александрович, к. ф-м. н.

<sup>2</sup>ЛУЩИК Александр Яковлевич

<sup>1</sup>ЮРИН Владимир Михайлович, д.б.н., профессор

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет

<sup>2</sup>Институт биоорганической химии НАН Беларуси

Важнейшим элементом интенсивных технологий в растениеводстве является применение природных и синтетических регуляторов роста, способных в чрезвычайно низких концентрациях изменять активность метаболических процессов растений, увеличивать их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам, повышать урожайность и качество продукции. В последние десятилетия особое внимание исследователей привлекают природные элиситоры, которые распознаются растениями и осуществляют запуск сигнальных систем, приводящих к экспрессии защитных генов и формированию неспецифической системной устойчивости [1, 2]. Вещества, проявляющие элиситорные свойства, не накапливаются в растениях и окружающей среде, не обладают биоцидным действием, безопасны для человека и животных. Очень низкие нормы расхода делают применение элиситоров экологически и экономически выгодным.

К элиситорам относятся различные классы химических соединений: углеводы, белки и пептиды, гликопротеиды, липиды и гликолипиды, стероиды и др. [2]. Одним из наименее изученных классов веществ являются эндогенные пептидные элиситоры. Вместе с тем имеется ряд исследований, свидетельствующих об участии данных соединений во внутриклеточном сигналинге у растений и запуске механизмов устойчивости к стрессовым воздействиям [1, 3]. Известно, что пептидные элиситоры индуцируют синтез стрессовых фитогормонов, вызывают экспрессию ряда защитных генов, стимулируют синтез фенольных соединений, играющих важную роль в индуцированном иммунитете растений [2]. Участие пептидов в развитии защитных ответов растительной клетки дает возможность их использования в растениеводстве для активации механизмов индуцированной устойчивости сельскохозяйственных культур к биотическим и абиотическим стрессорам.

Учитывая вышесказанное, целью данной работы был химический синтез пептидных элиситоров GmPep914, GmPep890, AtPep1 и SubPep [3] и изучение их влияния на морфометрические показатели и скорость окислительных процессов в проростках бобовых культур при действии окислительного стресса.

Семена исследованных культур замачивали в дистиллированной воде в течение суток, после чего высаживали в бумажные рулоны и выращивали в течение двух недель при температуре 20–22 °С с фотопериодом 16 ч – свет, 8 ч – темнота. Исследовалась биологическая активность синтетических пептидов в диапазоне концентраций  $10^{-9}$ – $10^{-12}$  М. Для этого листья проростков опрыскивали водными растворами пептидов, через 24 ч после обработки проростки подвергали действию окислительного стресса (ОС). Через 24 часа отбирали часть растений и определяли уровень первичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Оставшиеся растения переносили в стандартные условия и продолжали выращивать в течение недели, затем определяли сырую и сухую массу корней и надземной части проростков, а также площадь первого листа.

Установлено, что синтетические пептиды GmPep890 и GmPep914 оказывают элиситорное действие на проростки исследованных культур в концентрациях  $10^{-10}$ – $10^{-12}$  М, тогда как пептиды AtPep1 и SubPep проявляют биологическую активность в более высокой концентрации –  $10^{-9}$  М. Анализ уровня первичных продуктов перекисного окисления липидов (диеновых, оксодиеновых и триеновых конъюгатов) в листьях проростков подвергнутых стрессовому воздействию показал, что исследованные синтетические пептиды оказывают влияние на скорость окислительных процессов. Данные, представленные в таблице, свидетельствуют, что ОС приводит к существенному увеличению суммарного уровня продуктов ПОЛ: в листьях сои данный показатель увеличивается на 43 %, а в листьях гороха на 51 % по сравнению с контролем. Предстрессовая обработка надземной части растений синтетическими пептидами (GmPep890 и GmPep914 в концентрации  $10^{-12}$  М, AtPep1 в концентрации  $10^{-9}$  М) приводит к уменьшению содержания первичных продуктов ПОЛ. Наиболее выраженный эффект на растения сои оказывает пептид GmPep890, в данном варианте опыта уровень продуктов ПОЛ в листьях проростков сои, подвергнутых стрессу, сравним с контролем. На растения гороха примерно одинаковое действие оказывают пептиды GmPep890 и AtPep1, приводящие к незначительному росту исследованного параметра.

Таблица – Влияние синтетических пептидных элиситоров на уровень продуктов ПОЛ (мкг/г) в листьях проростков сои и гороха, подвергнутых окислительному стрессу (ОС)

| Растение | Вариант опыта |            |             |             |            |
|----------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|
|          | контроль      | ОС         | GmPep890+ОС | GmPep914+ОС | AtPep1+ОС  |
| Соя      | 8,6±0,51      | 12,3±0,84* | 8,9±0,37    | 9,4±0,55    | 10,5±0,58* |
| Горох    | 6,1±0,33      | 9,2±0,56*  | 7,2±0,31*   | 8,8±0,42*   | 7,5±0,39*  |

Примечание: \* – различия достоверны по сравнению с контролем при  $P \leq 0,05$ .

Как было показано в работах [4, 5], обработка надземной части проростков пептидами GmPep890 и GmPep914 приводит к увеличению уровня растворимых фенольных соединений и повышению показателя антиоксидантной активности в листьях, что свидетельствует об активации защитных систем растений. Кроме того выявлено, что обработка растений синтетическими пептидами GmPep914, GmPep890 и AtPep1 приводит к снижению уровня АФК в листьях проростков, подвергнутых ОС, вследствие активации пероксидазы и супероксиддисмутазы [6]. Полученные данные позволяют заключить, что обработка растений сои и гороха синтетическими пептидами вызывает индукцию механизмов антиоксидантной защиты, в результате чего происходит снижение скорости окислительных процессов в растениях в условиях действия стрессовых факторов.

На следующем этапе было изучено влияние синтетических пептидов на морфометрические характеристики проростков сои, гороха и маша, подвергнутых окислительному стрессу. Как и следовало ожидать, стрессовое воздействие приводит к существенному снижению исследуемых параметров: сырая масса надземной части проростков всех видов растений уменьшается на 30-35 %, а корней – примерно на 25 % по сравнению с контролем. Предстрессовая обработка растений элиситорами оказывает защитное влияние и приводит к минимизации негативного действия стрессора. Максимальный защитный эффект в условиях стресса на морфометрические характеристики проростков сои выявлен при обработке пептидом GmPep890, для гороха и маша – AtPep1. Синтетический пептид SubPep оказывает менее выраженное протекторное действие на исследованные растения в условиях окислительного стресса.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что синтетические пептиды GmPep890, GmPep914, AtPep1 и SubPep проявляют элиситорные свойства. Экзогенная обработка надземной части бобовых культур данными соединениями вызывает индукцию механизмов антиоксидантной защиты, в результате чего снижается скорость окислительных процессов и, как следствие, увеличение устойчивости растений к стрессовым воздействиям.

#### Список использованных источников

1. Albert, M. Peptides as trigger of plant defence / M. Albert // J of Experimental Botany. – 2013. – V. 64. – P. 5269-5279.
2. Соколов, Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве / Ю.А. Соколов. Минск: Бел. Навука, 2016. – 201 с.
3. Yamaguchi Y., Huffaker A. Endogenous peptide elicitors in higher plants / Y. Yamaguchi, A. Huffaker // Current Opinion in Plant Biology. – 2011. – V. 14. – P. 351-357.

4. Филипцова, Г.Г. Действие пептидного элиситора GmPer890 на физиолого-биохимические показатели проростков сои / Г.Г. Филипцова и др. // Труды БГУ. – 2015. – Т. 10. – Ч 1. – С. 75-81.
5. Филипцова, Г.Г. Исследование элиситорного действия синтетического пептида GmPer914 на проростки сои / Г.Г. Филипцова и др. // Вестник БГУ. Сер. 2. № 2. – 2016. – С. 23-29.
6. Филипцова, Г.Г., Юрин В.М. Синтетические пептидные элиситоры как редокс-регуляторы в растениях / Г.Г. Филипцова, В.М. Юрин // Материалы II Международного симпозиума «Молекулярные аспекты редокс-метаболизма растений». Уфа, 26-30 июня 2017. – С. 256-259.